

資料

フレキシブル燃料自動車 (F F V) の排出ガスについて

鷲山享志, 鈴木正明, 中澤 誠
(大気環境部)

Technical Paper

Emissions of Air Pollutants from Flexible Fuel Vehicle

Takashi SAGIYAMA, Masaaki SUZUKI, Makoto NAKAZAWA
(Air Quality Division)

キーワード：自動車排気ガス, メタノール自動車, ホルムアルデヒド, メタノール

1. はじめに

メタノールは、代替燃料及びクリーン燃料として関心が高く、自動車用燃料としても種々検討されている。なかでも、ガソリンとメタノールの任意の混合燃料で走行可能なフレキシブル燃料自動車 (F F V) が低公害車として注目されている。

(財)石油産業活性化センターは、通産省資源エネルギー庁の委託をうけて、低公害車の耐久性能を評価するため、F F Vであるダッジスピリット3台を導入し、地方公共団体を中心として、評価試験を実施することになった。このF F Vの1台が平成6年5月に神奈川県へ提供され、現在、全国で初めて自治体による市街地走行試験を実施しているところである。このF F Vについて、2,700km及び10,700km走行時におけるNO_x等汚染物質の排出状況について調査したので、その結果を報告する。

2. 調査方法

2.1 調査時期

第1回調査 平成6年7月(2,700km走行時)

第2回調査 平成7年1月(10,700km走行時)

2.2 調査車両

調査車両の主要諸元を表1に示す。

F F Vは、メタノールとガソリンがどのような割合でも走行できる自動車ということから、フレキシブル燃料自動車Flexible Fuel Vehicleの頭文字をとってF F Vと命名されている。F F Vは、米国において公害対策とし

表1 調査車両主要諸元

車 両 名	ダッジ スピリット
製造メーカー	クライスラー
全 長	463cm
全 幅	173cm
全 高	140cm
車 両 重 量	1,320kg
乗 車 定 員	6人
エンジン型式	2.5L
排 気 量	2.50ℓ
燃 料	M85 (メタノール85%、 ガソリン15%)
排出ガス対策	床下三元触媒
燃料供給装置	電子制御式燃料噴射
変 速 機	オートマチック
燃 料 タ ン ク	68ℓ
調査時の走行距離	第一回目 2,700km 第二回目 10,700km

て、メタノールスタンドが整備されている都市内ではメタノールを供給し、郊外ではガソリンを供給しても走行に支障がない自動車というコンセプトに基づいて開発されたものである。

今回の調査で使用した燃料は、M85（メタノール85%、ガソリン15%の混合燃料）である。

2.3 排出ガスの採取方法及び試験走行モード

2.3.1 排出ガスの採取

「TRIAS 23-4-1991 ガソリン自動車アイドリング及び10・15モード排出ガス試験方法」等に準じて、試験車両をシャーシダイナモメータ上において走行させ、その時の排出ガスをCVS法により採取した。

2.3.2 走行モード

排出ガス試験はつぎの走行モードで行った。

(1)11モード

新車の排出ガス試験に用いられているモードでコールドスタートを含むモードである。

(2)10・15モード

新車の排出ガス試験に用いられているモードでエンジンをウォーミングアップした状態から測定を行うモードである。

(3)定速走行

20km/h、40km/h、60km/h、80km/h及び100km/h定速走行で試験を行った。

(4)アイドリング

コールドアイドリング及びホットアイドリングについて試験を行った。

2.4 測定項目及び方法

2.4.1 測定項目及び分析方法

- (1)窒素酸化物 (NO_x) : 化学発光法
- (2)炭化水素 (HC) : 水素炎イオン化検出法
- (3)一酸化炭素 (CO) : 非分散赤外線吸収法
- (4)二酸化炭素 (CO₂) : 非分散赤外線吸収法
- (5)亜酸化窒素 (N₂O) : ガス相関式赤外線吸収法
- (6)燃料消費率 (カーボンバランス法による計算値) :
TRIAS 5-3-1991 ガソリン自動車10・15モード燃料試験方法に準拠した。
- (7)ホルムアルデヒド : カートリッジーガスクロマトグラフ法
- (8)メタノール : 水吸収ーガスクロマトグラフ法
なお、ホルムアルデヒド、メタノールの分析は、「平成3年度新燃料油研究開発調査、排ガス測定法・試験法に関する調査成果報告書(財)石油産業活性化センター」

に準拠した。

2.4.2 主たる使用機器

- (1)シャーシダイナモメータ : 明電舎 直流、1ローラ型
- (2)CVS装置 : 堀場製作所 CVS-9300T
- (3)自動車排出ガス分析計 (NO_x、HC、CO、CO₂) : 堀場製作所 MEXA-9400D
- (4)N₂O連続分析計 : Thermo Environmental Instrument Inc. Model 46

3. 結果及び考察

3.1 NO_x、HC、CO、CO₂の排出量

3.1.1 11モード及び10・15モード走行時における排出状況

11モード及び10・15モード走行時におけるNO_x等の排出量を表2に示した。また、表3に本車両に適用される排出ガス規制値を示した。

表2 11モード、10・15モードにおけるNO_x等の排出量

走行モード	単位	NO _x	HC	CO	CO ₂
11モード	g/test	0.769	0.991	14.4	1010
		0.938	1.35	22.9	1050
10・15モード	g/km	0.073	0.016	0.084	238
		0.087	0.023	0.43	242

注 上段は第1回調査結果(2,700km走行時)
下段は第2回調査結果(10,700km走行時)

表3 新車の自動車排出ガス昭和53年度規制値

乗用車 : ガソリン車(4サイクルエンジン)

		単位	NO _x	HC	CO
11モード	許容限度	g/test	6.0	9.5	85
	平均値*		4.4	7.0	60
10・15モード	許容限度	g/km	0.48	0.39	2.7
	平均値*		0.25	0.25	2.1

注 表中平均値は量産車の品質管理上の基準値である。

11モード及び10・15モード走行時におけるNO_x、HC、CO排出量は、昭和53年度排出ガス規制の許容限度値と比較すると、いずれも許容限度値を大幅に下回っていた。また、これらの値は、いずれも昭和53年度排出ガス規制の平均値も下回っていた。

2回の調査時期(2,700km走行時及び10,700km走行時で、以下第1回調査、第2回調査と略す)における結果を比較すると、11モード及び10・15モード走行時ともNO_x、HC、CO、CO₂の全ての項目で第2回調査の方が

表4 定速走行時におけるNO_x等排出ガスの排出量

走行状態		項目 単位	NO _x	HC	CO	CO ₂	N ₂ O
アイドリング	コールド	g/min	0.00625 0.00696	0.0613 0.0927	0.927 1.52	48.9 51.7	— —
	ホット	g/min	0.00427 0.00614	0.00606 0.00626	0.00091 0.00382	40.6 41.1	ND ND
20km/h		g/km	0.056 0.042	0.016 0.016	0.003 0.011	147 138	0.43×10 ⁻³ 0.89×10 ⁻³
40km/h		g/km	0.107 0.078	0.010 0.008	0.003 0.007	116 107	0.51×10 ⁻³ 1.20×10 ⁻³
60km/h		g/km	0.236 0.199	0.009 0.014	0.079 0.005	126 114	0.08×10 ⁻³ 0.87×10 ⁻³
80km/h		g/km	0.306 0.321	0.008 0.006	0.055 0.004	130 129	0.45×10 ⁻³ 1.23×10 ⁻³
100km/h		g/km	0.006 0.005	0.018 0.012	1.17 0.91	148 146	0.15×10 ⁻³ ND

注 上段は第1回調査結果(2,700km走行時)

下段は第2回調査結果(10,700km走行時)

多く排出されており、走行距離の増加に伴いNO_x等の排出量に増加傾向がみられた。

3.1.2 定速走行時における排出状況

定速走行時におけるNO_x等の排出量を表4に示した。なお、ここではN₂O排出量の測定も実施した。NO_x排出量は、20~80km/hの範囲においては高速走行時ほど多いが、100km/hにおいては逆に最も少なかった。この原因は、種々考えられるが主に空燃比が三元触媒のウィンドウ(理論空燃比付近)よりリッチ(濃厚)側にずれがみの状態になっているためと考えられる。80km/hにおけるNO_x排出量が多いが、これは、この車速において、空燃比が三元触媒のウィンドウよりリーン(希薄)側にずれがみの状態となっているためと考えられる。HC排出量は、20~100km/hの範囲においては、0.006~0.018g/kmの範囲で速度による大きな違いは見られなかった。

CO排出量は、100km/hで最も多く、20~80km/hの範囲では少なかった。これはNO_x等と同様に100km/hで、空燃比が三元触媒のウィンドウよりリッチ(濃厚)側にずれがみの状態になっているためと考えられる。

CO₂排出量は、20km/hの場合、他の定速走行時に比べて多く、40km/hでは比較的少なかった。40km/h以上では車速が速くなるに伴って排出量が多くなる傾向であった。

温室効果ガスとして注目されているN₂Oを参考として調査した。車速の違い及び2回の調査時期でバラツキが

あるが概ね10⁻³g/kmのオーダーで排出していることが分かった。

3.1.2 アイドリングにおける排出状況

アイドリングはエンジンが冷えている状態でのコールドアイドリング及び、「TRIAS-23-1991 ガソリン自動車アイドリング及び10・15モード排出ガス試験方法」に準じて、充分暖機運転した後でのホットアイドリングにおけるNO_x等の排出量を測定したが、ホットアイドリングに比べコールドアイドリングの方が全ての項目で排出量が多く、特にHC、COにおいて、その傾向が顕著であった。これは、コールドアイドリングでは、装着されている三元触媒装置の温度が低く、HC、CO等の浄化率が低いためと考えられる。2回の調査時期を比較すると、NO_x、HC、CO及びCO₂は、第2回調査の方が多く排出されて

表5 ホルムアルデヒド及びメタノールの排出量

走行モード	単位	ホルムアルデヒド	メタノール
11モード	g/test	0.052	2.08
		0.112	6.83
10・15モード	g/km	0.001	<0.01
		0.002	<0.01
コールドアイドリング (10分間平均値)	g/min	0.0016	0.11
		0.0021	0.13

注 上段は第1回調査結果(2,700km走行時)

下段は第2回調査結果(10,700km走行時)

おり、11モード、10・15モード同様に走行距離の増加に伴いNO_x等の排出量に増加傾向がみられた。

3.2 ホルムアルデヒド及びメタノールの排出量

ホルムアルデヒド及びメタノールの排出量を表5に示した。また、メタノール自動車の排出ガスに係る技術指針の指針値（以下、指針値という）を表6に示した。

表6 メタノール自動車の排出ガスに係る技術指針
(平成4年6月19日、環境庁大気保全局自動車公害課)

走行モード	単位	NO _x ^{*1}	HC ^{*1}	CO ^{*1}	ホルムアルデヒド ^{*2}
11モード	g/test	4.4	7.0	60	0.41
10・15モード	g/km	0.25	0.25	2.1	0.015

注 *1のNO_x、HC、COの指針値は平均値である
*2のホルムアルデヒドの指針値は許容限度値である

11モード及び10.15モード走行時におけるホルムアルデヒドの排出量は、すべて指針値を下回っていた。

2回の調査時期を比較すると、各モード走行時とも、第2回調査の方が多く排出されNO_x等と同様に走行量の増加とともに増加する傾向がみられた。

メタノールの排出量は、10・15モードでは定量下限値以下であった。2回の調査時期を比較すると、第2回調査において、11モード、コールドアイドリングの排出量が増加する傾向が見られた。

3.3 燃料消費率

3.3.1 燃料消費率の求め方

TRIAS 5-3-1981 ガソリン自動車10・15モード燃料試験方法のカーボンバランス法による燃料消費率は、排出ガス成分の排出量を用いて次式により計算される。

$$F = 649 / (0.429 \times \text{COmass} + 0.866 \times \text{HCmass} + 0.273 \times \text{CO}_2\text{mass}) \dots\dots\dots(1)$$

ここで

- F : ガソリン自動車の燃料消費率 (km/ℓ)
- COmass : CO排出量 (g/km)
- HCmass : HC排出量 (g/km)
- CO₂mass : CO₂排出量 (g/km)

本車両は燃料にM85（ガソリン15%、メタノール85%）

を使用しているため(1)式はそのまま使用できず、そのためメタノールの比重を0.794(20℃)として、また排ガス中のHCのうちメタノールとガソリンによるものをそれぞれ85%、15%とし、次の計算によりFFVの燃料消費率(F')の計算式(2)を求めた。

$$\begin{aligned} \text{メタノール } 1 \text{ ℓ 中の炭素量} &= \\ 1000 \times 0.794 \times C / \text{CH}_3\text{OH} (0.375) &\div 298\text{g} \\ (0.375 = C / \text{CH}_3\text{OH}) & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{M85、} 1 \text{ ℓ 中の炭素量} &= \\ 298 \times 85\% + 649\text{g} \times 15\% &\div 351\text{g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{排ガス中のC/HC比：メタノール} &= 0.375 \\ \text{ガソリン} &= 0.886 \end{aligned}$$

$$\text{M85} = 0.375 \times 85\% + 0.866 \times 15\% \div 0.449$$

$$F' = 351 / (0.429 \times \text{COmass} + 0.449 \times \text{HCmass} + 0.273 \times \text{CO}_2\text{mass}) \dots\dots\dots(2)$$

ここで F' : FFV自動車の燃料消費率 (km/ℓ)
(2)式を用いて本車両の燃料消費率を求めた。

3.3.2 燃料消費率調査結果

FFVの燃料消費率の測定結果を表7に示した。

表7 燃料消費率測定結果(カーボンバランス法)

走行モード	単位	燃料消費率
11モード	km/ℓ	5.23
		4.95
10・15モード	km/ℓ	5.40
		5.30
コールドアイドリング	min/ℓ	25.5
		23.7
定	アイドリング	min/ℓ
		31.6
速	20km/h	km/ℓ
		8.77
走	40km/h	km/ℓ
		11.1
行	60km/h	km/ℓ
		12.0
行	80km/h	km/ℓ
		10.2
行	100km/h	km/ℓ
		11.3
行	100km/h	km/ℓ
		9.90
行	100km/h	km/ℓ
		9.99
行	100km/h	km/ℓ
		8.60
行	100km/h	km/ℓ
		8.69

注 上段は第1回調査結果(2,700km走行時)
下段は第2回調査結果(10,700km走行時)

11モード走行時の燃料消費率は、第1回調査で5.23km/ℓ、第2回調査で4.95km/ℓ、10・15モード走行時の燃料消費率は第1回調査で5.40km/ℓ、第2回調査で5.30km/ℓであった。

2回の調査時期を比較すると、走行距離の増加に伴い、燃料消費率が若干悪化していた。

定速走行時における燃料消費率は、20km/hの場合、他の定速走行時に比べ悪く、40km/hでは、比較的燃料消費率が良いという結果が得られた。また40km/h以上では、車速が速くなるに伴って燃料消費率は悪くなる傾向にあり、2回の調査時期で同様の傾向を示した。

燃料消費率について2回の調査時期を比較すると、第2回調査で、11モード、10・15モード、コールドアイドリング、アイドリングで悪化しているが、20～60km/h定速走行時には、燃料消費率は良くなっていた。

なお、一般的にはメタノール車の燃料消費率は、ガソリン車に比較し、劣っている。これは、ガソリンの低位発熱量(7770kcal/ℓ)に対し、メタノールの低位発熱量(3806kcal/ℓ)が低く、M85の低位発熱量(約4400kcal/ℓ)がガソリンの57%と少ないためと考えられる。当所で調査した同程度の排気量の国産車の燃料消費率と比較すると、FFVは、10・15モードで約52%、定速走行モードで約60%であり、今回の調査とほぼ同程度であった。

4. まとめ

FFV(フレキシブル燃料自動車)のNO_x等大気汚染物質の排出状況及び燃料消費率を調査したところ、次の結果が得られた。

- (1) 11モード及び10・15モード走行時におけるNO_x、HC、CO排出量は、車両の走行距離の増加とともに増加する傾向を示しているが、いずれも昭和53年度排出ガス規制の許容限度値を下回っていた。
- (2) ホルムアルデヒド及びメタノールの排出量は、車両の走行距離の増加とともに増加する傾向を示した。ホルムアルデヒドについては、平成4年6月19日に制定されたメタノール自動車の排出ガスに係る技術指針(環境庁)の値を下回っていた。
- (3) 温室効果ガスとして注目されているN₂Oの排出状況を調査したが、車速の違い及び調査時期でバラツキがあるが、概ね10⁻³g/kmのオーダーで排出していることが分かった。
- (4) 燃料消費率は、10・15モードで2回の調査時期の平均で5.35km/ℓであった。

今後、さらに走行距離が延びた時の追跡調査を実施し、FFVの実用化に向けて検討していく必要がある。